

## **Análise da influência das varandas envidraçadas da arquitetura vernácula beirã no comportamento térmico dos edifícios**

Jorge Fernandes<sup>1,†</sup>, Carlos Pimenta<sup>2</sup>, Ricardo Mateus<sup>3</sup>, Luís Bragança<sup>3</sup>, Sandra M. Silva<sup>3</sup>

*Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil  
Azurém, P - 4800-058 Guimarães, Portugal*

### **RESUMO**

A heterogeneidade do território português originou uma profusa manifestação de distintas formas arquitetónicas vernáculas, i.e., construções que se caracterizam por apresentarem uma estreita relação com as condições dos locais onde se encontram inseridas (clima, materiais, economia, cultura, etc.). As estratégias passivas de adaptação ao meio envolvente presentes nestas construções, caracterizadas pela simplicidade, funcionamento passivo e reduzido impacto ambiental, são particularmente relevantes para os desafios que a construção contemporânea enfrenta, permitindo a redução da dependência em energia de fontes não-renováveis. Neste artigo é apresentado um conjunto de estratégias solares passivas comuns na arquitetura vernácula da região da Beira Alta, com destaque para as varandas envidraçadas, e são avaliadas as condições de conforto térmico num caso de estudo. Do estudo, é possível afirmar que nos períodos analisados as condições de conforto térmico no edifício foram asseguradas apenas por meios passivos sem recurso a sistemas mecânicos de climatização.

### **1. INTRODUÇÃO**

No que concerne aos impactos ambientais, é um dos maiores consumidores de recursos naturais (Berge 2009) e é responsável por cerca de um terço das emissões de carbono (Ürge-Vorsatz et al. 2007). Adicionalmente, a nível europeu, o parque edificado representa cerca de 40% do consumo total de energia na União Europeia (EEE 2012). Para mitigar estes impactos, várias organizações definiram metas de médio e longo prazo para alcançar uma construção mais eficiente, como a União Europeia, que delineou o objetivo de reutilizar/reciclar/recuperar 70% dos resíduos de construção e demolição até 2020 (European Commission 2012) e de reduzir em 80-95% as emissões de CO<sub>2</sub> até 2050 (EEE 2012).

Para alcançar os objetivos supracitados é premente desenvolver formas de construir mais sustentáveis. Atualmente, percebe-se que um dos caminhos para sustentabilidade dos

---

<sup>1</sup> Bolseiro de investigação e doutorando no Centro de Investigação C-TAC.

<sup>†</sup> Contacto: jepfernandes@me.com

<sup>2</sup> Finalista do Mestrado Integrado em Engenharia Civil.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, membro do C-TAC.

edifícios deverá procurar reduzir a importância dos sistemas ativos e dar maior primazia à forma arquitetónica e aos sistemas passivos (Abalos 2009; Li & Colombier 2009; Passer et al. 2012). Este tópico é particularmente relevante quando Passer et al. (2012) demonstraram que os equipamentos técnicos têm uma influência significativa nos impactos ambientais dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida. Neste sentido, é importante também realçar que, na avaliação de ciclo de vida, os edifícios passivos são os que apresentam menores impactos associados aos equipamentos, principalmente porque têm necessidades reduzidas de equipamentos mecânicos para ventilação e climatização (Passer et al. 2012). A introdução de estratégias passivas nos edifícios desde a fase de conceção permite reduzir a quantidade e a necessidade deste tipo de equipamentos (Li & Colombier 2009).

Neste sentido, a arquitetura vernácula é um tipo de construção que importa analisar, já que as estratégias que são agora a base da construção sustentável derivam de aspetos e características deste tipo de arquitetura (Cardinale et al. 2013). Nestas construções, as estratégias usadas para mitigar os efeitos do clima e assegurar as condições de conforto térmico possuem, normalmente, um funcionamento passivo, baixo índice tecnológico e não dependem de energia fóssil para operar, o que as torna particularmente adequadas para aplicações em edifícios contemporâneos, principalmente na conceção de edifícios-passivos. Por este motivo, a arquitetura vernácula continua atualmente a ser objeto de diversos estudos, cujas descobertas procuram contribuir para o desenvolvimento de um ambiente construído mais sustentável. Embora estes estudos tenham sido conduzidos em diferentes partes do mundo, adoptaram metodologias análogas e reportaram conclusões e limitações similares. Destas conclusões destaca-se que a utilização das técnicas vernáculas e materiais locais na conceção de edifícios, desenvolvidos na necessidade de adaptação a um território e clima específicos, contribuirá para a redução do desperdício, dos consumos energéticos e consequentemente das emissões de carbono, entre outros impactos ambientais (Kimura 1994; Gallo 1994; Coch 1998; Cañas & Martín 2004; Singh et al. 2011).

Adicionalmente, num contexto de crise económica, o estudo e valorização do património vernáculo, e do conhecimento a si inerente, contribuirá não só para a sua preservação mas também para a dinamização das economias locais (ICOMOS 1999). A importância destas foi recentemente realçada pelo anúncio do Governo Português de fundos europeus especificamente destinados à valorização e dinamização de territórios de baixa-densidade, nomeadamente através do programa PROVER.

## 2. O POTENCIAL DAS ESTRATÉGIAS VERNÁCULAS NA OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

In the following, examples for tables, figures and references are presented. The authors should follow these examples. Examples of secondary headings are also provided. No passado, devido à carência de tecnologia para usar as diversas fontes de energia disponíveis, os edifícios eram construídos usando estratégias passivas. Estas estratégias, simples e engenhosas, baseavam-se nos recursos endógenos disponíveis e em preocupações pertinentes, advindas das características geográficas: insolação, orientação, topografia, forma, materiais, entre outras (Coch 1998; Oliveira & Galhano 1992).

A relação entre o ambiente construído e o ambiente natural, bem descrito pelo conceito mitológico do *Genius Loci*, tem primordial importância na conceção dos edifícios e no seu desempenho térmico. Não foi aleatória a forma como se cunharam as diferenças entre a casa do norte de África e a do norte da Europa ou, no contexto português, entre a casa do interior norte e a do interior sul.

No que concerne ao desempenho térmico de edifícios vernáculos, diversos estudos quantitativos conduzidos em diferentes pontos do mundo têm demonstrado que estes edifícios

atingem níveis aceitáveis de conforto térmico ao longo de quase todo o ano usando apenas estratégias passivas, em alguns casos com a temperatura no interior a permanecer quase constante (Cardinale et al. 2013; Martín et al. 2010; Shanthi Priya et al. 2012; Singh et al. 2010; Sayigh & Marafia 1998; Dili et al. 2010). Em alguns destes estudos, os edifícios vernáculos tiveram melhor desempenho que as construções recentes, apesar de várias das soluções construtivas adoptadas não cumprirem os atuais requisitos regulamentares. Estes resultados suportam a ideia que as estratégias passivas são em muitos casos viáveis para aplicação em edifícios contemporâneos e que podem contribuir para a redução das necessidades de energia para climatização. A resposta adequada das soluções vernáculas aos constrangimentos do clima, revela a importância das especificidades locais para a construção contemporânea, nomeadamente no âmbito da sustentabilidade em geral e da eficiência energética em particular (Cañas & Martín 2004; Singh et al. 2009; Singh et al. 2011).

No caso específico das varandas envidraçadas, o seu potencial de utilização em situações contemporâneas para melhorar a eficiência energética de um edifício, pode ser ilustrado pelo exemplo da reabilitação do complexo residencial de Dornbirn, Áustria (Figura 1). A opção por introduzir este tipo de solução nas fachadas orientadas ao quadrante sul, permitiu aumentar a área de pavimento das fracções e reduzir significativamente a fatura energética em aquecimento (Küess et al. 2011), para além de melhorar o aspecto estético do edifício. A funcionamento destas varandas como espaço-tampão, permite concomitantemente captar e aprisionar os ganhos solares e reduzir as perdas de calor para o exterior. Ao estar fisicamente separado do interior das fracções, nas situações em que os ganhos de calor sejam indesejados, o espaço das varandas pode funcionar como sistema de sombreamento e de promoção da ventilação natural.

Dos exemplos citados pode-se afirmar que as estratégias presentes nas várias manifestações de arquitetura vernácula podem contribuir para melhorar a eficiência energética dos edifícios, onde as especificidades de cada local devem assumir particular relevância. Num momento em que se visa alcançar edifícios de elevado desempenho, a definição do futuro da arquitetura e construção deverá procurar integrar a tradição com a modernidade, num cruzamento que una o melhor do potencial tecnológico atual com materiais/técnicas tradicionais (Abalos 2009).



Figura 1 – Complexo residencial de Dornbirn, Áustria. Antes e após a Intervenção de reabilitação (fotos: © Werner Egele & © Robert Fessler) (Küess et al. 2011).

### 3. O CASO DAS VARANDAS ENVIDRAÇADAS BEIRÃS NA ARQUITECTURA VERNÁCULA PORTUGUESA

Para se adaptar a diferentes condições climáticas, a arquitetura vernácula portuguesa desenvolveu estratégias específicas de mitigação dos efeitos do clima. De forma geral, o

propósito das estratégias vernáculas no interior norte concentra-se mais nos ganhos solares e na redução das perdas de calor durante o inverno, como são exemplo as coberturas de colmo – para reduzir as perdas – e as varandas para aproveitar a radiação solar (Fernandes 2012).

As varandas são um elemento característico da arquitetura vernácula do interior norte, e em particular da região da Beira Alta (Figura 2). Sendo esta uma região caracterizada pelos invernos rigorosos, a arquitetura beirã assenta numa boa exposição solar com vista a aproveitar ao máximo os ganhos de calor durante a estação fria. As varandas beirãs são elementos normalmente bem orientados entre sul e poente, quadrante que durante o inverno recebe o maior número de horas de sol com a radiação mais intensa, sendo também o mais abrigado dos ventos dominantes (AAVV 1980). Quando os proprietários tinham disponibilidade económica as varandas eram equipadas com envidraçados, permitindo a entrada e “aprisionamento” dos ganhos solares, reduzindo as perdas de calor por ação do vento. Este tipo de varandas envidraçadas, para além de serem elementos que captam ganhos solares são também elementos que reduzem as perdas de calor para o exterior. Apesar de pressuporem um tipo de funcionamento mais vocacionado para a estação de aquecimento, o avanço do volume da varanda e a possibilidade de abertura das janelas permitem também um funcionamento adequado durante a estação quente, nomeadamente através dos sombreamento dos paramentos e da promoção da ventilação natural. Tanto nas varandas convencionais como nas envidraçadas, estes eram os espaços da habitação preferenciais para costurar, secar a roupa ou apenas para se estar ao sol (AAVV 1980).



Figura 2 – Varandas na arquitetura vernácula beirã (fotos: ©Jorge Fernandes)

### 3.1. Objectivos do estudo

Os estudos sobre a arquitetura vernácula portuguesa são na sua maioria análises qualitativas, pelo que há um hiato de dados quantitativos sobre o desempenho térmico deste tipo de edifícios nas diferentes zonas climáticas. Não obstante, a análise e interpretação dos dados disponíveis para outros países europeus indicam que algumas estratégias da arquitetura vernácula portuguesa podem ser eficazes e ter potencial de aplicação nos edifícios contemporâneos. O estudo apresentado neste artigo tem como objetivo fazer uma abordagem à análise quantitativa de um edifício vernáculo com varanda envidraçada localizado na Beira Alta, avaliando as condições de conforto térmico do ambiente interior durante os períodos da primavera e do verão.

### 3.2. Descrição do caso de estudo

O edifício em estudo encontra-se implantado na freguesia de Granja do Tedo, concelho de Tabuaço. O clima da região é temperado mediterrânico, caracterizado por invernos chuvosos e verões quentes e secos (IPMA n.d.).

A fachada principal do edifício encontra-se orientada para sudoeste, no sentido de maximizar os ganhos solares durante a estação de aquecimento (Figura 3). O edifício desenvolve-se em dois pisos com uma área total de aproximadamente 50m<sup>2</sup> e, após a reabilitação, o piso térreo foi convertido em cozinha e sala; e no piso superior situam-se dois quartos e uma instalação sanitária. As envolventes opacas exteriores são em granito, com uma espessura média de cerca de 50 cm. Os restantes elementos estruturais são em madeira e a varanda envidraçada possui vidro simples incolor.



Figura 3 – Vista exterior do edifício em estudo e vista interior da varanda.

### 3.3. Metodologia e equipamentos

As condições de conforto de um edifício são difíceis de determinar, uma vez que dependem de vários parâmetros ambientais, da adaptabilidade e percepção humana, entre outros fatores. Para o efeito, este estudo assentou na realização de medições objetivas e subjetivas *in situ*.

As medições objetivas tiveram como principal objetivo perceber a influência das estratégias passivas de controlo de temperatura e humidade dos espaços interiores. Os parâmetros físicos quantificados foram: a temperatura do ar (°C) e a humidade relativa (RH%), no interior e exterior do edifício. O equipamento utilizado na monitorização dos espaços interiores possui uma precisão de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  de temperatura e de  $\pm 3\%$  de humidade relativa, entre os 35% e os 75%, caso contrário  $\pm 5\%$ . O equipamento de monitorização utilizado no exterior possui um alcance entre  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$  e precisão de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  e entre  $\pm 1,2\%$  a  $\pm 3\%$  de humidade relativa. Para caracterizar as condições de conforto no interior, foi utilizada uma estação que mede simultaneamente vários parâmetros físicos que influenciam a sensação de conforto térmico e que possui um alcance entre  $-25^{\circ}\text{C}$  e os  $65^{\circ}\text{C}$ . As medições foram conduzidas por um período superior a 25 dias em cada uma das estações de primavera e verão. As medições de primavera ocorreram entre 5 de junho e 7 de julho e as medições de verão entre 6 de agosto e 10 de setembro de 2014.

As condições de conforto térmico, ou seja, a relação entre a temperatura interior de conforto e a temperatura exterior, foram avaliadas usando um modelo de conforto térmico adaptativo, uma vez que é o mais adequado para edifícios ventilados naturalmente. Para ser mais representativo da realidade portuguesa, foi escolhido o modelo desenvolvido por Matias (2010), que é a adaptação para Portugal do modelo descrito na norma internacional ASHRAE 55 (2010).

As medições subjetivas foram realizadas através de inquéritos, que têm por intuito conhecer a sensação dos ocupantes relativamente aos parâmetros de conforto avaliados. O inquérito teve por base o *Thermal Environment Survey* da norma internacional ASHRAE 55 (2010), com as devidas adaptações ao objeto de estudo. Os inquéritos foram realizados nos



espaços sala/cozinha e quarto/varanda em simultâneo com as avaliações objetivas. Para além dos inquiridos avaliarem as condições de conforto prestaram alguns esclarecimentos sobre a quantidade de roupa que utilizavam (clo) e a atividade que exerciam (met).

### 3.4. Análise de resultados

#### a) Monitorizações de primavera

Na análise dos resultados, apresentados na Figura 4, verificam-se comportamentos distintos relativamente aos espaços localizados no piso térreo e no piso superior. O espaço da sala/cozinha exhibe um comportamento relativamente uniforme, apresentando amplitudes médias diárias inferiores a 5°C, quando no exterior estas são de 16°C. Este comportamento demonstra a forte inércia térmica proporcionada pelas paredes de alvenaria em granito, que concedem a este espaço uma capacidade de estabilização da temperatura interior. Os compartimentos do piso superior, nomeadamente os quartos e a casa de banho, apresentam maiores oscilações de temperatura, com as amplitudes médias diárias superiores a 5°C. Em geral, durante os períodos da noite, as temperaturas interiores mantiveram-se sempre acima das registadas no exterior. É de salientar que durante todo o período de monitorização o edifício não esteve ocupado, pelo que a ausência de ocupantes poderá ter influenciado o comportamento térmico do edifício.

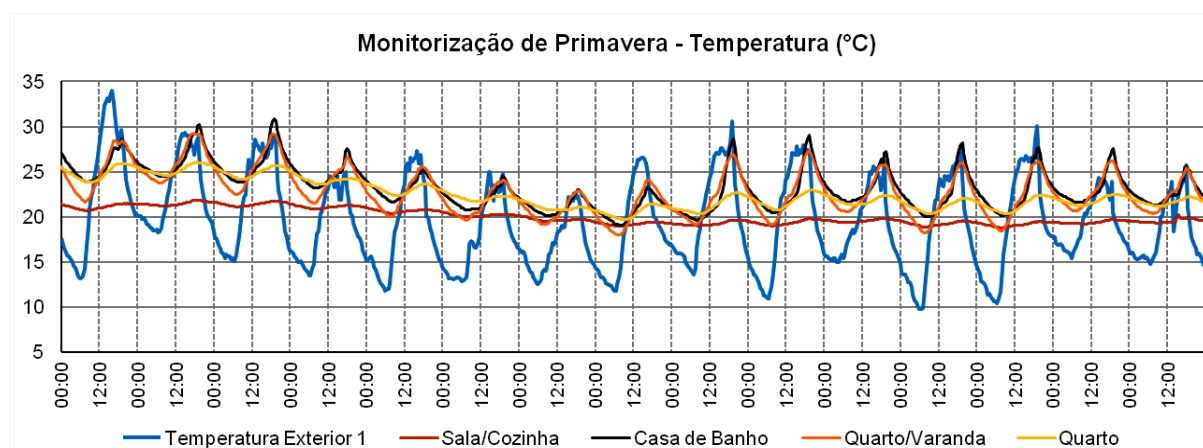


Figura 4 – Gráfico dos perfis de temperatura - monitorização de primavera (últimos 15 dias).

No espaço sala/cozinha a temperatura média foi de 19,6°C, valor inferior à média registada no exterior, que foi de aproximadamente 20°C. Os compartimentos da casa de banho e do quarto/varanda apresentam a média de temperaturas mais elevada de todos os espaços sendo esta de 23°C. Verifica-se também que as temperaturas médias máximas, registadas em todo o edifício, ocorrem nestes espaços. A grande área envidraçada da varanda que abrange os dois espaços, exposta ao exterior e orientada a poente, é a razão para que estes espaços registem maiores ganhos durante o dia durante a noite. O elevado coeficiente de transmissão térmica das janelas de vidro simples e a ausência de dispositivos de sombreamento exterior são a razão mais plausível para a relativa suscetibilidade às variações de temperatura exterior.

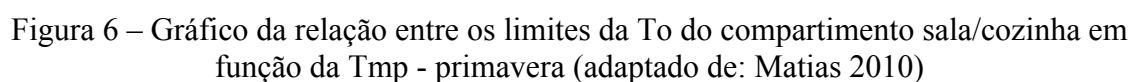
O outro quarto apresenta um comportamento intermédio com a temperatura média a rondar os 22°C. O facto de as envolventes exteriores deste compartimento estarem orientadas para norte e nascente, possuindo apenas uma janela em contacto com exterior, é provavelmente a razão deste compartimento exibir um perfil de temperaturas mais ameno que os restantes compartimentos do piso superior.

No que concerne a humidade relativa (Figura 5), no exterior verificam-se grandes oscilações diárias, enquanto no interior do edifício os compartimentos casa de banho e

Monitorização de Primavera - Humidade Relativa (%)

O gráfico apresenta a evolução da humidade relativa (%) ao longo de 24 horas para cinco locais distintos. O eixo vertical varia de 0 a 100%, e o eixo horizontal mostra o tempo em horas, com marcações a cada 12 horas (00:00, 12:00). A linha azul (HR Exterior 1) apresenta a maior amplitude de variação, oscilando entre aproximadamente 15% e 95%. As linhas interiores (Sala/Cozinha, Casa de Banho, Quarto//varanda, Quarto) mostram valores mais estáveis, geralmente entre 40% e 70%, com o Quarto (linha amarela) apresentando a menor amplitude de variação.

Na Figura 6 está representada a relação entre os limites de temperatura operativa ( $T_o$ ) interna na sala/cozinha em função da temperatura exterior média exponencialmente ponderada ( $T_{mp}$ ). A temperatura operativa deste espaço foi de 19,34°C e a temperatura exterior média exponencialmente ponderada foi de 19,74°C. Da análise do gráfico verifica-se que a sensação térmica se situa abaixo do limite inferior da temperatura de conforto. Assim sendo, de acordo com o modelo adaptativo, o compartimento sala/cozinha apresenta um ambiente térmico desconfortável, ainda que próximo do limite inferior de condições aceitáveis de conforto térmico. No entanto, analisando as avaliações subjetivas, realizadas em simultâneo, os inquiridos classificaram a sensação de conforto térmico como neutro (confortável) ou ligeiramente frio. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições de algum desconforto ou de satisfação com o ambiente térmico.



#### b) Monitorização de verão

A monitorização de verão foi marcada pela presença dos ocupantes (entre 6 e 30 de agosto). Na análise dos resultados (Figura 7) verifica-se que, durante o período de verão as temperaturas exteriores rondaram em média os 23°C (3°C superior à média de primavera), apresentando uma amplitude térmica diária de aproximadamente 17°C.

As temperaturas registadas no compartimento sala/cozinha apresentam oscilações diárias mais acentuadas, exibindo um comportamento pouco uniforme, contudo as amplitudes médias diárias permaneceram inferiores a 5°C. Esta diferença de comportamento resulta da abertura das portas e janelas deste espaço que permitiram trocas de calor por ventilação com o espaço exterior. A influência da ocupação humana é perceptível na transição entre o período de ocupação e de saída dos ocupantes. Após a saída dos ocupantes (a 30 de agosto) este compartimento voltou a exibir um comportamento estável e de relativa uniformidade, tal como tinha sido observado nas medições de primavera. A temperatura média deste compartimento foi de aproximadamente 24°C.

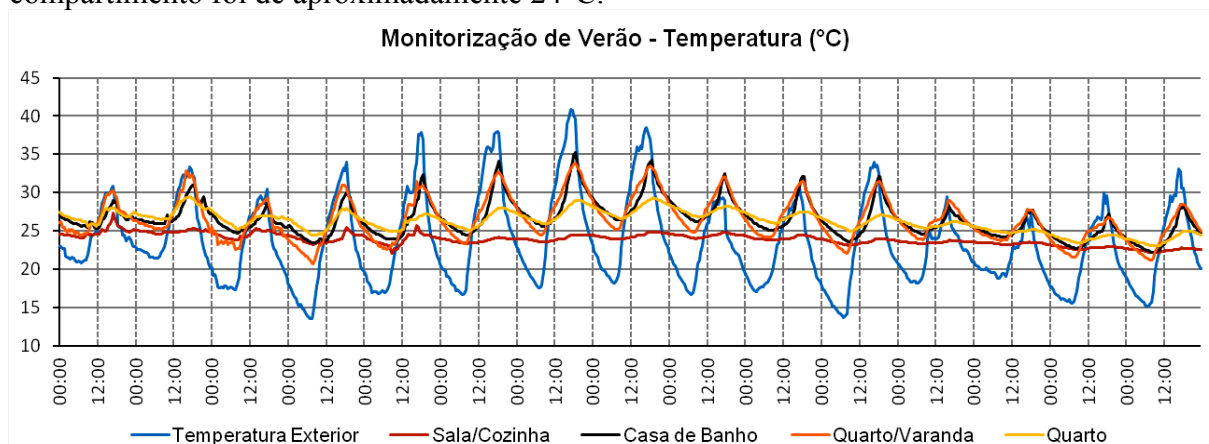


Figura 7 – Gráfico dos perfis de temperatura - monitorização de verão (últimos 15 dias).

No piso superior, os compartimentos apresentaram, novamente, as maiores amplitudes térmicas diárias, em especial os espaços quarto/varanda e casa de banho. As temperaturas médias máximas (30,6°C) e mínimas (22,1°C) registadas em todo o edifício ocorreram no compartimento quarto/varanda. Verifica-se que, durante o período de ocupação do edifício, as temperaturas noturnas do espaço quarto/varanda foram mais reduzidas. Esta situação poderá dever-se às alterações no ambiente térmico proporcionadas pela abertura das janelas e pela colocação das redes de proteção desmontável, que permitiram assim a livre circulação de ar e potenciaram o arrefecimento deste espaço. As temperaturas médias dos compartimentos que constituem o piso superior foram de 26°C (aproximadamente +3°C que as registadas na primavera).

No que concerne à humidade relativa (Figura 8), no interior do edifício verificam-se dois momentos distintos: 1) no período de ocupação do edifício, os vários espaços exibem um comportamento análogo, acompanhando durante o dia o perfil de humidade relativa exterior; 2) após a saída dos ocupantes (a 30 de agosto) assinala-se uma mudança nos perfis de humidade relativa interior, com os compartimentos quarto/varanda e casa de banho a apresentarem oscilações mais reduzidas e os compartimentos quarto e sala/cozinha um perfil mais uniforme, em tudo semelhante à estação climática de primavera. Deste modo, verifica-se que a presença dos ocupantes, nomeadamente a abertura de portas e janelas, influenciaram a humidade relativa no interior do edifício. A humidade relativa média interior foi de 50%, a mais adequada para o conforto humano.



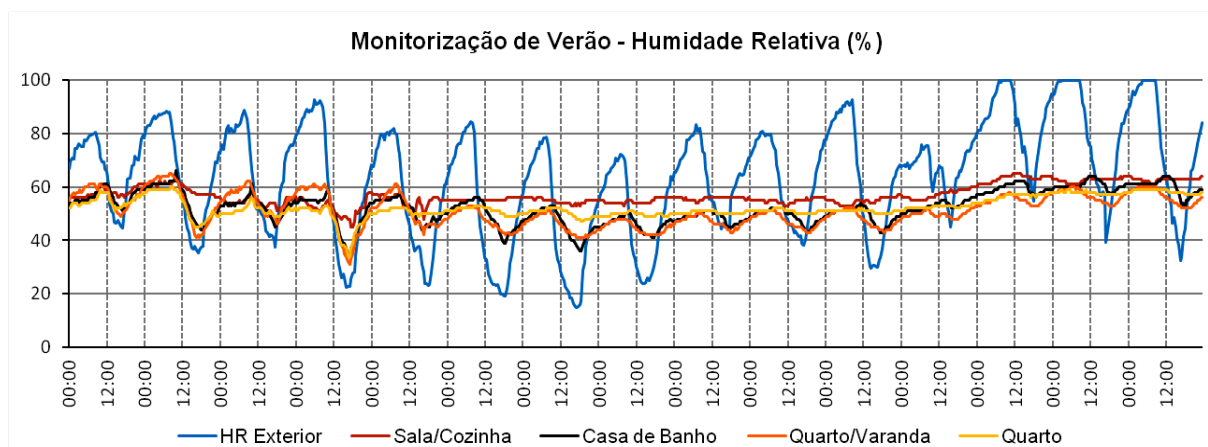


Figura 8 – Gráfico dos perfis de humidade relativa - monitorização de verão (últimos 15 dias).

A avaliação das condições de conforto da estação de verão foi realizada a 10 de setembro de 2014, nos compartimentos sala/cozinha e quarto/varanda. Na realização das avaliações objetivas do compartimento sala/cozinha, o cálculo da temperatura operativa e da temperatura exterior média exponencialmente ponderada foi de 23,1°C e de 22,3°C, respetivamente.

Na análise do gráfico da Figura 9 verifica-se que a sensação térmica no quarto/varanda se situa na zona de conforto. As temperaturas, operativa e exterior média exponencialmente ponderada foram, respetivamente, de 25,9°C e 22,3°C. As avaliações subjetivas, realizadas em simultâneo, corroboram as avaliações objetivas e expressam que os ocupantes consideram as condições do espaço como neutras (confortáveis).

Na análise do gráfico da Figura 10 constata-se que o compartimento quarto/varanda apresenta um ambiente térmico confortável, com a sensação térmica de conforto a situar-se no interior da zona de conforto e próxima da gama de temperaturas ótimas. Na avaliação subjetiva das condições de conforto os ocupantes classificaram a sensação de conforto térmico deste espaço como ligeiramente quente. Verifica-se então que, o compartimento em análise proporciona condições dentro do limiar de conforto, ainda que os ocupantes expressem algum nível de desconforto com as condições do ambiente térmico.

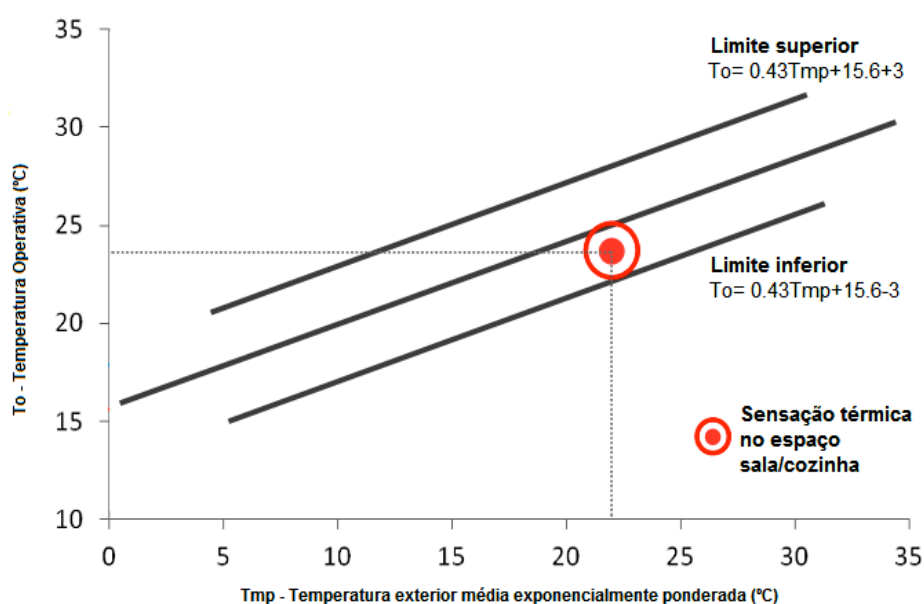


Figura 9 – Gráfico da relação entre os limites da To do compartimento sala/cozinha em função da Tmp - verão (adaptado de: Matias 2010).

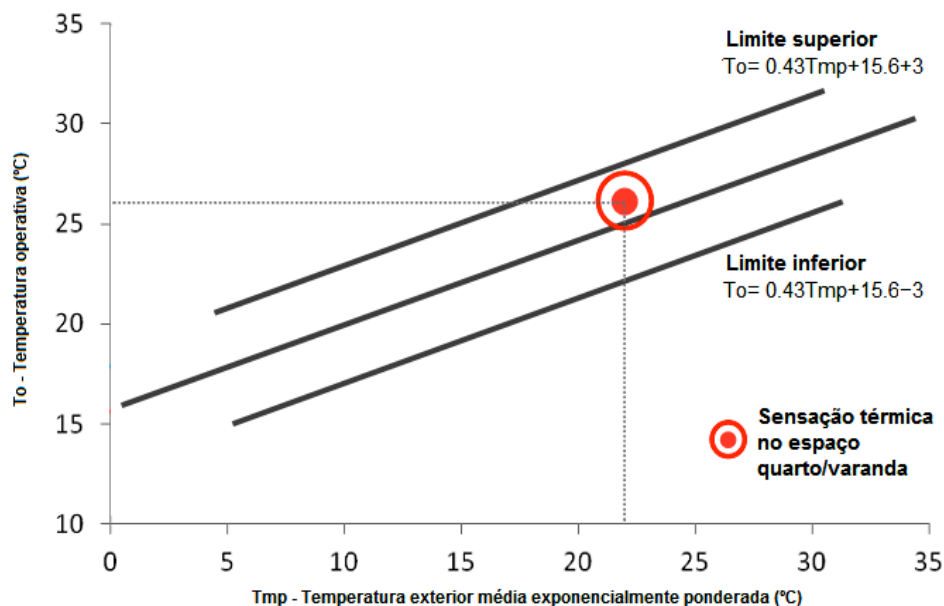


Figura 10 – Gráfico da relação entre os limites da  $To$  do compartimento quarto/varanda em função da  $T_{mp}$  - verão (adaptado de: Matias 2010).

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As estratégias solares passivas utilizadas na arquitetura vernácula ao longo de gerações para mitigar os efeitos do clima, devido à sua simplicidade e pragmatismo, apresentam grande potencial de aplicação na construção contemporânea.

Dos resultados preliminares das monitorizações realizadas na primavera e verão, no caso de estudo localizado na Beira Alta, pode concluir-se que foi possível atingir as condições de conforto térmico interior durante a maior parte do período de monitorização apenas por meios passivos. As avaliações subjetivas realizadas através dos inquéritos de conforto aos ocupantes corroboraram as avaliações objetivas, tendo a maior parte das respostas correspondido à situação de confortável ou, apenas ligeiramente desconfortável.

Neste caso de estudo é possível verificar que a forte inércia térmica das envolventes, a correta orientação do edifício e a organização dos espaços interiores, permitem que a temperatura no interior seja mais estável que no exterior, principalmente nos espaços com menos área envidraçada. Os espaços que ocupam a varanda envidraçada, devido à sua orientação e ao elevado coeficiente de transmissão térmica do envidraçado, estiveram mais suscetíveis às variações da temperatura no exterior. Durante o período de verão a varanda envidraçada beneficiaria de um dispositivo de sombreamento exterior que permitisse um maior controlo dos ganhos solares diretos. No entanto, a abertura das janelas por parte dos ocupantes para promover a ventilação noturna, permitiu remover alguma da carga térmica acumulada durante o dia e reduzir a temperatura dos compartimentos no período da noite. Desta última, é possível constatar que a ação dos ocupantes influenciou positivamente os perfis da temperatura e humidade no interior do edifício, o que demonstra a importância destes na regulação das suas condições de conforto.

As estratégias utilizadas no edifício permitem atingir condições de conforto aceitáveis apenas por meios passivos. Contudo, são necessárias mais estudos quantitativos que englobem os períodos mais frios, nomeadamente o inverno, para determinar o desempenho global do edifício ao longo de todo o ano.

No que concerne especificamente às varandas, a sua orientação no quadrante sul permite ser uma elemento privilegiado e eficaz para captar ganhos solares. Quando devidamente operada, pode funcionar como sistema de ventilação natural permitindo mitigar os ganhos solares excessivos durante o período estival.

Tendo em consideração os resultados preliminares do caso de estudo e o exemplo do complexo residencial de Dornbirn, as varandas são elementos arquitetónicos que podem ter um impacto positivo na otimização do comportamento passivo do edifício e na redução das suas necessidades de energia para climatização. Se devidamente ponderados na fase de projeto, são elementos bem integrados num edifício e com todas as vantagens funcionais inerentes. Dados mais detalhados sobre a contribuição destas estratégias solares passivas vernáculas serão úteis para arquitetos e engenheiros envolvidos no desenvolvimento de edifícios bioclimáticos e energeticamente eficientes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), com a referência EXPL/ECM-COM/1801/2013, que foi fundamental para a realização e apresentação deste estudo.

## 5. REFERÊNCIAS

AAVV, 1980. *Arquitectura Popular em Portugal* 2nd ed., Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses.

Abalos, I., 2009. Beauty from Sustainability? *Harvard Design Magazine* 30: (Sustainability) + Pleasure, vol.1, pp.14–17.

ANSI/ASHRAE 55, 2010. *ASHRAE Standard 55 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*,

Berge, B., 2009. *The Ecology of Building Materials* 2nd ed., Oxford: Elsevier.

Cañas, I. & Martín, S., 2004. Recovery of Spanish vernacular construction as a model of bioclimatic architecture. *Building and Environment*, 39(12), pp.1477–1495.

Cardinale, N., Rospi, G. & Stefanizzi, P., 2013. Energy and microclimatic performance of Mediterranean vernacular buildings: The Sassi district of Matera and the Trulli district of Alberobello. *Building and Environment*, 59(null), pp.590–598.

Coch, H., 1998. Chapter 4—Bioclimatism in vernacular architecture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1-2), pp.67–87.

Dili, A.S., Naseer, M.A. & Varghese, T.Z., 2010. Passive environment control system of Kerala vernacular residential architecture for a comfortable indoor environment: A qualitative and quantitative analyses. *Energy and Buildings*, 42(6), pp.917–927.

EEE, 2012. Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012 relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE. *Jornal Oficial da União Europeia* L 315/1. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:PT:PDF>.

European Commission, 2012. Communication from the Commission To The European Parliament and the Council: Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises, Brussels.

Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho.

Gallo, C., 1994. Bioclimatic architecture. *Renewable Energy*, 5(5-8), pp.1021–1027.

ICOMOS, 1999. Charter on the built vernacular heritage, Mexico. Available at: [http://www.international.icomos.org/charters/vernacular\\_e.pdf](http://www.international.icomos.org/charters/vernacular_e.pdf) [Accessed March 18, 2013].

IPMA, Normais Climatológicas. Available at: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/> [Accessed June 30, 2013].

Kimura, K., 1994. Vernacular technologies applied to modern architecture. *Renewable Energy*, 5(5-8), pp.900–907.

Küess, H., Koller, M. & Hammerer, T., 2011. Residential complex in Dornbirn C. Schittich, ed. *Detail Green - English Edition*, (1/11), pp.44–49.

Li, J. & Colombier, M., 2009. Managing carbon emissions in China through building energy efficiency. *Journal of environmental management*, 90(8), pp.2436–47.

Martín, S., Mazarrón, F.R. & Cañas, I., 2010. Study of thermal environment inside rural houses of Navapalos (Spain): The advantages of reuse buildings of high thermal inertia. *Construction and Building Materials*, 24(5), pp.666–676.

Matias, L., 2010. *Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal*, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Oliveira, E.V. & Galhano, F., 1992. *Arquitectura Tradicional Portuguesa*, Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Passer, A., Kreiner, H. & Maydl, P., 2012. Assessment of the environmental performance of buildings: A critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(9), pp.1116–1130.

Sayigh, A. & Marafia, A.H., 1998. Chapter 2—Vernacular and contemporary buildings in Qatar. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1-2), pp.25–37..

Shanthi Priya, R. et al., 2012. Solar passive techniques in the vernacular buildings of coastal regions in Nagapattinam, TamilNadu-India – a qualitative and quantitative analysis. *Energy and Buildings*, 49(null), pp.50–61..

Singh, M.K., Mahapatra, S. & Atreya, S.K., 2009. Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India. *Building and Environment*, 44(5), pp.878–888.

Singh, M.K., Mahapatra, S. & Atreya, S.K., 2011. Solar passive features in vernacular architecture of North-East India. *Solar Energy*, 85(9), pp.2011–2022.

Singh, M.K., Mahapatra, S. & Atreya, S.K., 2010. Thermal performance study and evaluation of comfort temperatures in vernacular buildings of North-East India. *Building and Environment*, 45(2), pp.320–329.

Ürge-Vorsatz, D. et al., 2007. Mitigating CO<sub>2</sub> emissions from energy use in the world's buildings. *Building Research & Information*, 35(4), pp.379–398.